

DERWENT-ACC-NO: 1996-440826

DERWENT-WEEK: 199644

COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Synchroniser ring for speed converter - has
double layer construction with iron@ gp. sintered alloy ring
body and tapered cone part of copper@ gp. sintered alloy

PATENT-ASSIGNEE: SUMITOMO ELECTRIC IND CO[SUME]

PRIORITY-DATA: 1995JP-0023998 (February 13, 1995)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 08219174 A	August 27, 1996	N/A
017 F16D 023/06		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 08219174A	N/A	1995JP-0023998
February 13, 1995		

INT-CL (IPC): B22F001/00, B22F005/00 , C22C009/00 , F16D023/06

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 08219174A

BASIC-ABSTRACT:

A double layer construction synchroniser ring contains a ring body (11) of Fe gp, sintered alloy (f) and tapered cone part (13) of Cu gp. sintered alloy (c). (f) has 0.2 % tensile resistance of more than 400 MPa, and Rockwell-B hardness of more than 80. Hard particles are dispersed uniformly in the Cu alloy. Part (13) has friction coefft. of more than 0.2 when synchronised with mating taper cone part of steel material.

ADVANTAGE - The double layer construction synchroniser ring is free from

sulphurising corrosion when used in lubricating oil contg. sulphur,
has stable
friction coefft. of more than 0.1 at synchronisation, and has good
mechanical
properties.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.4/4

TITLE-TERMS: SYNCHRONISATION RING SPEED CONVERTER DOUBLE LAYER
CONSTRUCTION

IRON@ GROUP SINTER ALLOY RING BODY TAPER CONE PART
COPPER@ GROUP
SINTER ALLOY

DERWENT-CLASS: M22 P53 Q63

CPI-CODES: M22-H03G;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1996-138723

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1996-371398

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-219174

(43) 公開日 平成8年(1996)8月27日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 D 23/06			F 1 6 D 23/06	C
B 2 2 F 1/00			B 2 2 F 1/00	L
	5/00		C 2 2 C 9/00	
C 2 2 C 9/00			B 2 2 F 5/00	Z

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平7-23998

(22) 出願日 平成7年(1995)2月13日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 近藤 勝義

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 ▲高▼ノ 由重

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

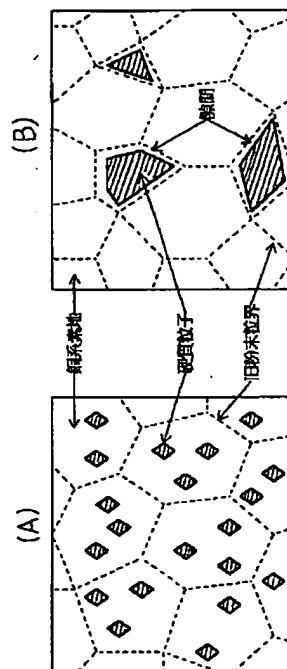
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 変速機用同期リングとその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 硫黄を含有する潤滑油中で硫化腐食を生じることなく、同期時に0.1を越える安定した摩擦係数を維持でき、しかも優れた機械的特性を有する変速機用の2層構造同期リングを経済的に提供する。

【構成】 2層構造同期リングは、鉄系統結合金のリング本体(11)の内周面上に形成された銅系統結合金のテーパコーン部(13)を含み、鉄系統結合金は400MPa以上の0.2%引張り耐力と80以上のロックウェルB硬度を有し、銅系統結合金は旧複合銅合金粉末の銅合金素地内に硬質粒子が均一に分散された組織を有し、テーパコーン部の摩擦面は潤滑油中で鋼材の相手テーパコーン部と同期したときに0.2以上の摩擦係数を有することを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 鉄系焼結合金のリング本体と、

前記リング本体の内周面上に形成された銅系焼結合金の
テーパコーン部とを含み、

前記鉄系焼結合金は400MPa以上の0.2%引張り
耐力と80以上のロックウェルB硬度を有し、

前記銅系焼結合金は旧複合銅合金粉末の銅合金素地内に
硬質粒子が均一に分散された組織を有し、

前記銅系焼結合金の前記テーパコーン部の摩擦面は潤
滑油中で鋼材の相手コーン部と同期したときに0.2以
上の摩擦係数を有することを特徴とする変速機用同期リ
ング。

【請求項2】 前記硬質粒子は30 μ m以下の最大粒径
と15 μ m以下の平均粒径を有していることを特徴とす
る請求項1に記載の変速機用同期リング。

【請求項3】 前記銅系焼結合金は、前記硬質粒子とし
て、10～50重量%の範囲内で鉄系金属間化合物粒
子、Mo粒子およびNi基粒子の少なくとも一種を含ん
でいることを特徴とする請求項1または2に記載の変速
機用同期リング。

【請求項4】 前記鉄系金属間化合物粒子は、FeM
o、FeCr、FeTi、FeW、およびFeBから選
択された少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項
3に記載の変速機用同期リング。

【請求項5】 前記Ni基粒子は400以上のマイクロ
ビッカース硬度を有することを特徴とする請求項3に記
載の変速機用同期リング

【請求項6】 前記銅合金素地は5～40重量%の範囲
内でZnとNiの少なくとも一方を含み、優れた耐硫化
腐食性を有することを特徴とする請求項1ないし5のい
ずれかの項に記載された変速機用同期リング。

【請求項7】 前記銅合金素地は3～20重量%のSn
をさらに含むことを特徴とする請求項6に記載の変速機
用同期リング。

【請求項8】 前記銅合金素地は、1～5重量%のS
i、0.1～5重量%のAl、および0.5～3重量%
のPbのうちの少なくとも1つをさらに含むことを特徴
とする請求項6または7に記載の変速機用同期リング。

【請求項9】 前記銅合金素地は、5重量%以下の範囲
内で黒鉛、MoS₂、CaF₂、WS₂、およびBNのう
ちの少なくとも1つの固体潤滑材をさらに含むことを特
徴とする請求項6ないし8のいずれかの項に記載された
変速機用同期リング。

【請求項10】 請求項1に記載の変速機用同期リング
の製造方法であって、

前記複合銅合金粉末の調製において、銅合金粉末と硬質
粒子を含む混合粉末が調合され、前記混合粉末に機械的
合金化法（メカニカルアロイング法）、機械的混合法
（メカニカルグラインディング法）、および造粒法のう
ち少なくとも1つの混合粉砕処理を施すことによって、

前記硬質粒子は30 μ m以下の最大粒径と15 μ m以下
の平均粒径を有するように粉砕されるときに前記銅合
金粉末素地内に分散させられることを特徴とする変速機
用同期リングの製造方法。

【請求項11】 前記複合銅合金粉末を70%以上の真
密度比を有する圧粉体に成形し、非酸化性雰囲気、還元
性雰囲気および不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気中
で前記圧粉体を600℃以上で前記銅合金素地の溶融開
始温度以下の温度で15分間以上焼結することによって
前記銅系焼結合金を得ることを特徴とする請求項10に
記載の変速機用同期リングの製造方法。

【請求項12】 前記銅系焼結合金は熱間鍛造と熱間押
出の少なくとも1つの熱間塑性加工によって機械的特性
が向上させられることを特徴とする請求項11に記載の
変速機用同期リングの製造方法。

【請求項13】 前記銅系焼結合金を前記テーパコー
ン部に整形し、前記テーパコーン部を前記鉄系焼結合
金のリング本体の内周に圧入し、非酸化性雰囲気、還元
性雰囲気および不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気中
において700℃以上で前記銅合金素地の溶融開始温度
以下の温度で前記リング本体と前記テーパコーン部と
を15分間以上拡散接合させることを特徴とする請求項
11または12に記載の変速機用同期リングの製造方法。

【請求項14】 請求項1に記載の変速機用同期リング
の製造方法であって、概略円筒状の空孔を有する金型を
準備し、前記円筒状金型の内周部と外周部にそれぞれ前
記複合銅合金粉末と鉄系粉末を供給して2層粉体を形成
し、前記2層粉体に加圧して2層圧粉成形体を形成し、
非酸化性雰囲気、還元性雰囲気および不活性ガス雰囲気
のいずれかの雰囲気のもとにおいて1050℃以上でかつ
前記銅合金素地の溶融開始温度以下の温度で15分間
以上前記2層圧粉成形体を焼結することを特徴とする請
求項12記載の変速機用同期リングの製造方法。

【請求項15】 前記金型は前記円筒状空孔内を摺動す
る下パンチを含み、前記下パンチは分割された内周部分
下パンチと外周部分下パンチとを含み、前記内周部分下
パンチを下げて前記外周部分下パンチを上げた状態で前
記円筒状空孔の内周部に前記複合銅合金粉末を供給して
第1層目の粉体を形成し、次に前記外周部分下パンチを下
げた状態で前記円筒状空孔の外周部に前記鉄系粉末を供
給して第2層目の粉体を形成することによって前記2層
粉体を形成することを特徴とする請求項14に記載の変
速機用同期リングの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は自動車などのMT（マニ
ュアルトランスミッション）に用いられる変速機用同期
リング（シンクロナイザリング）とその製造方法に関
し、特に、銅系焼結合金のリング内周部と鉄系焼結合金

のリング外周部とを含む2層構造同期リングにおける耐硫化腐食性、耐摩耗性、耐焼付性、および潤滑油中における摩擦特性の改善に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、高性能化が進められている自動車用変速機においては高トルクが負荷されるので、その変速機に使用される部品の材料の改善や設計の見直しが行なわれている。特に、MTにおいては、シンクロ容量を向上させるためにダブルタイプやトリプルタイプのようなマルチタイプのシンクロナイザリングが採用されている。しかし、マルチタイプの同期リングでは、部品点数が多かつ機構が複雑となるので、小型化や軽量化の要望を満たすことが困難である。

【0003】そこで、シングルタイプの同期リングにおいて、その内周のテーパコーン部の摩擦係数 μ を向上させてシンクロ容量を改善することによって、マルチタイプと同等の性能を実現させる設計が検討されている。たとえば、溶射材、ペーパー材、樹脂材などの摩擦摺動部材のライナーを内周部に張付けた同期リングが提案されている。その一例として、特公平6-79835の「シンクロナイザ・リングの製造方法」は樹脂で含浸されたペーパー材の使用を開示している。また、そのようなライナーを使用せずに、鉄系、Al-Si系、アルミニウム青銅系、高力黄銅系の合金の母材中に硬質粒子を添加して摩擦係数を向上させる方法も知られている。このような硬質粒子を含む合金の例は、特開平1-252744の「Cu系焼結合金製変速機用同期リング」や特開平5-331504の「摩擦摺動部材」などにおいて開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のシングルタイプの変速機用同期リングにおいては、以下のような課題(1)～(5)が存在している。

【0005】(1) 同期リングの内周テーパコーン部の摩擦面が潤滑油中において相手鋼材のテーパコーン部に対して摺動するときに0.2を超える摩擦係数 μ を有しないので、マルチタイプの同期リングと同等の特性をシングルタイプの同期リングで実現させることは困難である。

【0006】(2) 非常に厳しい使用条件下においては焼付きや磨耗損傷などを生じ、長期間の使用では摩耗量が増大したり相手材を攻撃したりするという問題がある。

【0007】(3) 摩擦摺動部材として銅系合金が用いられる場合、潤滑油中に含有されている極圧添加剤である硫黄による硫化腐食が生じ、耐久性が損われる。

【0008】(4) 摩擦材として焼結合金を用いる場合、摩擦係数を向上させるために添加する硬質粒子は単純に母合金粉末と混合されて成形と焼結が行なわれるので、ミクロ的に見れば硬質粒子は焼結後においても母

金と反応層を形成しておらず、母合金の旧粉末粒界(特に粒界の3重点)との間に隙間を有した状態で存在している。したがって、このような焼結合金の摩擦材においては、摺動時に硬質粒子が旧粉末粒界から脱落して摩耗粉となり、相手材や摩擦材自身を攻撃することによって焼付きや摩擦損傷を生じるという問題がある。

【0009】(5) 高い μ 値を得るために同期リングの内周テーパコーン部にペーパーや樹脂からなる摩擦摺動材のライナーを使用する場合には耐久性に欠けるという問題を生じ、また溶射やメッキなどの表面処理を施す場合には同期リングのコストアップを生じて経済性の面で問題を生じる。

【0010】以上のような先行技術における課題に鑑み、本発明は、極圧添加剤の成分である硫黄を含有するオイル中においても優れた耐硫化腐食性を有し、また、オイル中において優れた耐摩耗性と耐焼付き性を有するとともに、先行技術における約0.1程度の摩擦係数を超える高い摩擦係数を安定して維持し得る銅系焼結摩擦部材を含む変速機用同期リングとその製造方法を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による変速機用同期リングは、鉄系焼結合金のリング本体と、そのリング本体の内周面上に形成された銅系焼結合金のテーパコーン部とを含み、鉄系焼結合金は400MPa以上の0.2%引張耐力と80以上のロックウェルB硬度を有し、銅系焼結合金は旧複合銅合金粉末の銅合金素地内に硬質粒子が均一に分散された組織を有し、銅系焼結合金のテーパコーン部の摩擦面は潤滑油中で鋼材の相手テーパコーン部と同期したときに0.2以上の摩擦係数を有していることを特徴としている。

【0012】硬質粒子は、30 μ m以下の最大粒径と15 μ m以下の平均粒径を有していることが好ましい。

【0013】銅系焼結合金は、硬質粒子として、10～50重量%の範囲内で鉄系金属間化合物粒子、Mo粒子およびNi基粒子の少なくとも一種を含むことが好ましい。

【0014】鉄系金属間化合物粒子としては、FeMo、FeCr、FeTi、FeW、およびFeBから選択された少なくとも1つを含み得る。

【0015】Ni基粒子は400以上のマイクロビッカース硬度を有することが望まれる。

【0016】銅合金素地は、好ましくは5～40重量%の範囲内でZnとNiの少なくとも一方を含み、優れた耐硫化腐食性を有している。

【0017】銅合金素地は、好ましくは3～20重量%のSnをさらに含み得る。銅合金素地は、好ましくは、1～5重量%のSi、0.1～5重量%のAl、および0.5～3重量%のPbのうちの少なくとも1つをさらに含み得る。

【0018】銅合金素地は、好ましくは5重量%以下の範囲内で黒鉛、 MoS_2 、 CaF_2 、 WS_2 、およびBNのうちの少なくとも1つの固体潤滑材をさらに含み得る。

【0019】本発明による変速機用同期リングの製造方法では、粒子分散型銅合金粉末の調製においては、好ましくは、銅合金粉末と硬質粒子を含む混合粉末が調合され、混合粉末に機械的合金化法（メカニカルアロイング法）、機械的混合（メカニカルクライディング法）、および造粒法のうち少なくとも1つの混合粉碎処理を施すことによって、硬質粒子は30 μm 以下の最大粒径と15 μm 以下の平均粒径を有するように粉碎されるとともに銅合金粉末素地内に分散せられる。

【0020】複合銅合金粉末は70%以上の真密度比を有する圧粉体に成形され、非酸化性雰囲気、還元性雰囲気および不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気中でその圧粉体を600℃以上で銅合金の溶融開始温度以下の温度で15分間以上焼結することによって銅系統結合合金を得ることが望まれる。

【0021】銅系統結合合金は、さらに熱間鍛造と熱間押出の少なくとも1つの熱間塑性加工によって機械的特性が向上させられてもよい。

【0022】銅系統結合合金はテーバーコーン部に整形され、そのテーバーコーン部を鉄系統結合合金のリング本体の内周に圧入し、非酸化性雰囲気、還元性雰囲気および不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気中において700℃以上でかつ銅合金素地の溶融開始温度以下の温度でリング本体とテーバーコーン部とを15分間以上拡散接合させることが好ましい。

【0023】概略円筒状の空孔を有する金型を準備し、その円筒状空孔の内周部と外周部にそれぞれ複合銅合金粉末と鉄系粉末を供給して2層粉体を形成し、その2層粉体に加圧して2層圧粉成形体を形成し、非酸化性雰囲気、還元性雰囲気および不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気中において1050℃以上でかつ銅合金素地の溶融開始温度以下の温度で15分間以上その2層圧粉成形体を焼結してもよい。

【0024】金型は円筒状空孔内を摺動する下パンチを含み、下パンチは分割された内周部分下パンチと外周部分下パンチとを含み、内周部分下パンチを下げて外周部分下パンチを上げた状態で円筒状空孔の内周部に複合銅合金粉末を供給して第1層目の粉体を形成し、次に外周部分下パンチを下げた状態で円筒状空孔の外周部に鉄系粉末を供給して第2層目の粉体を形成することができる。

【0025】

【作用】本発明による変速機用同期リングは、リング本体として鉄系統結合合金のリング外周部を含んでいるので、実際のMTの同期時の応力に耐え得る高強度特性を備えている。その同期リングはまた、旧複合銅合金粉末

素地内に硬質粒子が均一に分散された組織を有する銅系統結合合金のリング内周部をテーバーコーン部として含んでいるので、テーバーコーン部の摩擦面で0.2以上の摩擦係数を生じ得る。したがって、本発明による2層構造同期リングをMT装置に用いることにより、部品数が多くて複雑な機構を有するマルチタイプの同期リングから単純な構造で安価なシングルタイプの同期リングへの置換えが可能となる。

【0026】上述のような優れた摩擦摺動特性を有する銅系統結合摩擦材を得るためには、成形されて焼結される銅合金粉末の内部に事前に微細な硬質粒子を均一に分散させた硬質粒子分散型の複合銅合金粉末を焼結用の原料粉末として用いることが有効であることを本発明者たちが見出した。また、焼結摩擦材に適した硬質粒子の種類、大きさ、添加量、および分散性や銅合金素地の組成、さらには複合銅合金粉末の調製に関する適切な条件が種々の実験と検討によって見出された。それらの条件の適正な範囲の理由について以下に詳細に説明する。

【0027】まず、銅系統結合摩擦材中の硬質粒子は、その焼結摩擦材の摺動面内に微細かつ均一に分散して常温や高温における摩擦摺動時に相手材との凝着の発生を抑制し、耐焼付き性を改善するとともに、相手材の素地表面と直接接触して摩擦係数を向上させる役割を果たし得る。ただし、硬質粒子がこのような役割を果たすためには、摩擦摺動時に硬質粒子が焼結材の摺動面素地から脱落しないことが必要である。

【0028】そこで、本発明者たちは、硬質粒子に優れた効果を発揮させるためには、焼結摩擦材が図1(A)の模式図に示されているような組織構造を有することが理想的であろうと考えた。すなわち、所定の組成を有する銅合金素地の旧複合銅合金粉末素地内に微細な硬質粒子が均一に分散し、しかもそれらの硬質粒子が銅合金素地と強固に結合して固定された組織が望ましい。このような組織構造を有する焼結摩擦材においては、摩擦摺動時における硬質粒子の脱落が抑制され、長期間にわたって安定した摩擦摺動状態を得ることが可能になる。すなわち、そのような銅系統結合摩擦材を含む本発明による2層構造同期リングの摩擦摺動性能において、優れた耐久性が実現され得る。

【0029】本発明者たちは、図1(A)に示されているような組織を実現するためには、銅合金粉末の素地中に微細な硬質粒子を事前に均一に分散させた粒子分散型銅合金粉末を成形して焼結することが必要であると考えた。すなわち、硬質粒子分散型銅合金粉末を用いて図1(A)に示されているような組織構造を有する摩擦材を含む2層構造同期リングを得ることが本発明の最も重要な特徴である。

【0030】種々の実験と検討を繰り返した結果、微細な硬質粒子が均一に分散された粒子分散型銅合金粉末を経済的に調製する方法として、次のような粉末の機械的

混合粉碎合金化処理を適用するのが有効であることが見出された。すなわち、メカニカルアロイング法、メカニカルクライディング法、および造粒法などを代表とする粉末の機械的な混合粉碎処理を適用することによって、初めて、硬質粒子である金属間化合物や金属粒子などを微細に粉碎すると同時に、銅合金粉末素地中にこれらの微細硬質粒子を均一に分散し得ることが見出された。

【0031】これらの機械的な粉碎混合処理は、従来のボールミルによる粉碎や混合のような湿式法ではなくて乾式法で行なわれる。また、望まれる場合には、PCA（プロセス制御剤）としてステアリン酸やアルコールなどを少量添加することによって、粉末の過度の凝集を防ぐこともできる。処理装置としては、アトライターやボールミルを好ましく用いることができる。アトライターは、粉碎効率に優れているので高速処理に適している。ボールミルは長時間処理が必要となるが、雰囲気制御が容易であって投入エネルギーの設計を適切に行なえば比較的経済性に優れている。

【0032】なお、別の方法として、硬質粒子を銅合金の溶湯中に攪拌して分散させ、これをアトマイズ法で噴霧することによって内部に硬質粒子が分散された複合銅合金粉末を作製することができる。しかし、アトマイズ法では硬質粒子を微細化することができないので、事前に微細な硬質粒子を作製して銅合金の溶湯中に添加する必要がある。その場合、溶湯内での硬質粒子の偏析や凝集を防止するために十分な攪拌工程が必要となり、複合銅合金粉末の製造コストが上昇して経済性において問題を生じる場合がある。したがって、本発明において用いられる銅系焼結摩擦材の製造においては、機械的な粉末混合粉碎処理を用いることが経済性の観点からは望ましい。

【0033】硬質粒子の望ましい大きさおよび添加量に関しては、本発明者たちは、所定の組成を有する銅系粉末について上述の機械的混合粉碎処理を行なう際に種々の処理条件を変更して評価した結果、上述のような高い摩擦係数を安定して確保するためには、以下のような硬質粒子の大きさおよび添加量の適正範囲があることを見出した。すなわち、 $30\mu\text{m}$ 以下の最大粒径と $15\mu\text{m}$ 以下の平均粒径を有する硬質粒子を焼結材中の旧複合銅合金粉末素地内に10～50重量%の範囲で含ませることによって、それらの硬質粒子が微細かつ均一に銅合金素地内に分散して、銅系焼結摩擦材の機械的特性を低下させることなく安定した高摩擦係数が確保され得ることが確認された。

【0034】他方、銅系焼結摩擦材における硬質粒子の含有量が10重量%未満では、オイル中において例えばSCM420のような鋼材を相手材として摺動した際に0.2を超えるような高摩擦係数が得られず、耐摩耗性を向上させる効果も得られない。また、硬質粒子が $30\mu\text{m}$ を超える最大粒径もしくは $15\mu\text{m}$ を超える平均粒

径を有するかまたはその含有量が焼結摺動材全体の50重量%を超えれば硬質粒子が亀裂発生の起点となりやすく、その結果、銅系焼結合金の強度や靱性が低下する。さらに、50重量%を超える硬質粒子の添加は、相手攻撃性の観点からも、相手材を激しく摩耗させるので好ましくない。

【0035】硬質粒子としては、Mo粒子、Ni基合金粒子および鉄系金属間化合物粒子の少なくとも一種を含むことが望ましい。鉄系金属間化合物としては、FeMo、FeCr、FeTi、FeW、およびFeBから選択された少なくとも1つを含むことが好ましい。なぜならば、これらの鉄系金属間化合物は十分な硬度を有して硬質粒子として適しているとともに、脆性であるので粉碎性に優れており、本発明において用いられる機械的混合粉碎処理に際して硬質粒子の微細化が容易となるからである。

【0036】Mo粒子とNi基合金粒子も銅系焼結体の耐摩耗性を向上させるとともに、摩擦係数の向上に寄与する。Ni基粒子を硬質粒子として用いるためには、そのNi基粒子が400以上のマイクロビッカース硬度を有することが望ましい。なぜならば、その硬度が400未満の場合には、銅系焼結体の耐摩耗性が十分ではなく、目標とする高摩擦係数も得られない。このような硬さを有するNi基粒子としては、Cr、Fe、B、Mo、Mn、W、Cuなどの少なくとも1つの元素を総計で10重量%以上含有することが好ましい。特に、CrとWは、Ni基粒子の硬さの向上に顕著な効果を生じる。

【0037】なお、金属間化合物の他に Al_2O_3 、 SiO_2 、ZrOなどの金属酸化物やSiC、TiC、AlN、 Si_3N_4 などのセラミックスも摩擦係数を向上させる効果を生じるが、これらの粒子は鉄系金属間化合物に比べて焼結材の被削性を劣化させるので、経済的な面において問題が生じる場合もある。

【0038】以上要約すれば、本発明の2層構造同期リングに用いられる銅系焼結材の製造に関しては、所定の組成の銅合金粉末と硬質粒子の混合粉末に機械的な混合粉碎処理を施すことによって、硬質粒子を $30\mu\text{m}$ 以下の最大粒径と $15\mu\text{m}$ 以下の平均粒径の微粒子に粉碎すると同時に、それらの微細な硬質粒子が銅合金粉末内（粉末の素地内）に均一に分散せられる。このような粒子分散型銅合金粉末を成形して焼結し、またはさらに熱間鍛造もしくは熱間押出などの塑性加工を施すことによって、銅合金素地と硬質粒子の界面に反応層を形成して硬質粒子を銅合金素地中に強固に固定するとともに、2層構造同期リングの内周部のテーパコーン材として十分に使用可能な機械的特性を得ることができる。すなわち、焼結銅合金素地中の硬質粒子は摩擦摺動時に焼結合金の摺動面素地から脱落することがなく、焼付きや摩耗損傷が抑制されるとともに潤滑油中で0.2を超える

安定した摩擦係数を得ることができる。

【0039】なお、従来の粉末冶金法による単純な粉末混合方法では硬質粒子が粉砕されないで、図1(B)の模式的な組織図に示されているように、硬質粒子は銅合金粉末に混合された状態のままの粒径を有している。そこで、事前に微細な硬質粒子を準備して銅合金粉末とともに出発原料として用いたところ、硬質粒子の凝集や偏析による硬質粒子の脱落や、焼結材の耐摩耗性の低下および機械的特性の低下が生じた。また、従来の単純な粉末の混合方法においては、硬質粒子は銅合金粉末素地内部に分散することがない。したがって、このような従来の粉末冶金法による混合粉末を成形して焼結すれば、硬質粒子が銅合金素地の旧粉末粒界（特に粒界3重点）に存在した状態になる。その結果、摩擦摺動時に硬質粒子が素地から脱落して摩耗粉となり、かえって相手材や焼結材自身を攻撃したり焼付き現象を誘発するという問題を生じる。また、焼結摩擦材に応力が負荷されている場合に、硬質粒子が素地の旧粉末粒界に存在すれば、それが亀裂の発生起点および伝播経路となるので、焼結体の機械的特性を低下させるという問題を生じる。

【0040】次に、本発明の2層構造同期リングに用いられる銅系焼結合金の素地（マトリックス）の合金組成と組織に関する条件を説明する。

【0041】Znは脱酸効果を有し、これを銅合金素地に添加すれば安定なZnO層を焼結素地の表面全体に均一に形成することができる。そして、この酸化亜鉛層は保護膜として働き得るので、硫黄を含む雰囲気において銅イオンとのSとの反応を阻害し、硫化腐蝕の原因である硫化銅の生成を抑制することができる。他方、銅合金素地中へのZnの添加量が増大すればβ'相が現れ、その結果として、銅合金素地は硬くて脆くなり、強度低下を誘発するとともに冷間加工性が著しく低下するという問題を生じる。

【0042】硫化腐蝕の抑制に必要なZn量は銅合金素地の5重量%以上であり、また素地の脆化現象を抑制するためには40重量%を超えるZnの添加は好ましくない。すなわち、銅合金素地におけるZnの好ましい添加量は5～40重量%である。

【0043】NiはZnと同様に硫化銅の生成を抑制する効果を有するとともに、銅合金素地の硬度を向上させ、さらに、後述するSiとの金属間化合物（珪化ニッケル）を微細な球状粒子として存在せしめ、この珪化ニッケル粒子が摩擦摺動時の抵抗を生じることによって摩擦係数を向上させる。このような好ましい効果を生じさせるためには、銅合金素地中に5重量%以上のNiの添加が必要である。他方、Ni添加量が40重量%を超えれば銅合金素地が脆くなり、その結果として冷間および熱間における加工性が低下するという問題を生じる。すなわち、銅合金素地における好ましいNiの添加量は5～40重量%である。

【0044】銅合金素地中のZnとNiの合計含有量が40重量%を超えれば焼結素地が著しく硬化して靱性の低下を誘発し、焼結部材の冷間および熱間における加工性が低下するという問題を生じる。すなわち、銅合金素地におけるZnとNiを合わせた好ましい含有量は40重量%以下である。

【0045】銅合金素地中へのSnの添加はその素地の高温硬度および靱性を向上させる作用があり、また、高温における耐焼付性を向上させる効果を生じる。したがって、摩擦摺動条件が過酷な場合には、銅合金素地中へSnを添加することが好ましい。なお、Snの添加量が3重量%未満では好ましい効果を生じず、20重量%を超えれば銅合金素地中に硬くて脆い相が析出するために強度や靱性を低下させる。すなわち、銅合金素地における好ましいSnの添加量は3～20重量%である。

【0046】AlはCuと反応してCu₃Al₄等の金属間化合物を生成して銅合金の硬度を向上させるとともに、摩擦摺動時における抵抗粒子を形成するので、摩擦係数を向上させる効果を生じる。しかし、0.1重量%未満のAlの添加では、十分な硬度および摩擦抵抗性の改善が得られない。他方、5重量%を超えてAlを添加すれば、銅合金の脆化を誘発して冷間加工性を低下させるとともに、強固な酸化物（Al₂O₃）層を形成し、焼結性を妨げたり銅合金素地の切削性を低下させるという問題を生じる。すなわち、銅合金素地における好ましいAlの添加量は0.1～5重量%である。

【0047】上述したように、SiはNiとともに微細な球状の金属間化合物（珪化ニッケル）を形成し、この金属間化合物が摩擦摺動時の抵抗となって摩擦係数を向上させる効果を生じる。1重量%未満のSi添加では摩擦係数の向上に対する十分な効果が得られず、Siの添加量が5重量%を超えれば銅合金素地の熱間および冷間における加工性が低下するという問題を生じる。すなわち、銅合金素地におけるSiの好ましい添加量は1～5重量%である。

【0048】Pbは銅合金素地のα相の粒界やデンドライトの間に均一に存在し、素地の切削性や摩擦摺動時の潤滑性を改善する効果を生じる。そのような効果を得るためには0.5重量%以上のPbの添加が必要であるが、3重量%を超えてPbを添加すれば銅合金素地内部に偏析を生じ、機械的特性を低下させるという問題を生じる。すなわち、銅合金素地におけるPbの好ましい添加量は0.5～3重量%である。

【0049】固体潤滑剤は、より過酷な摩擦摺動条件において相手材に対する焼結部材の攻撃性を低減するとともに、滑り速度や加圧力などの摩擦摺動条件が変動してもオイル中で約0.2以上の安定した摩擦係数を維持する効果を有し、また、摺動面間の潤滑性を改善することによって摺動時の振動やビビリなどを抑制する効果をも生じる。銅系焼結摩擦材においてこのような効果を有す

る固体潤滑成分として、経済的にも好ましい黒鉛、 MoS_2 、 CaF_2 、 WS_2 、およびBNを用いることができる。このとき、黒鉛、 MoS_2 、 CaF_2 、 WS_2 、およびBNのうちの少なくとも1つを5重量%以下の範囲で添加することが好ましい。固体潤滑剤の添加量が5重量%を超えれば、焼結体の強度や靱性が著しく低下するので好ましくない。

【0050】他方、MT用同期リング本体に用いられる鉄系統結合金は、優れた摩擦摺動特性を有することを必要としないが、優れた機械的特性を有することが求められる。すなわち、MTの変速時においてスリーブのスプラインがチャンファを介して同期リングの外周スプライン部と噛み合うので、同期リング本体とその外周歯部は優れた機械的特性を有することが要求される。より具体的には、リング本体の割れやリング外周部のスプライン歯部の摩耗損傷などの問題を防止するためには、リング本体は400MPa以上の0.2%引張耐力と80以上のロックウェルB硬度を有することが必要である。このような機械的特性を実現するためには、鉄系統結合金が0.7重量%以上のCと1.5重量%以上のCuを含有し、かつ90%以上の真密度比を有することが求められる。

【0051】図2は、本発明による2層構造同期リングを製造する方法を示す工程図である。2層構造同期リングは図2中の工程(a)または工程(b)によって製造され得る。工程(a)による方法を簡単に述べれば、それは、鉄系統結合金の同期リング本体と銅系統結合金のテーパコーン部を個別に作製し、同期リング本体の内周内ヘテーパコーン部を圧入して得られた2層構造体を加熱して拡散接合する方法である。他方、工程(b)は、2層構造用に設計された押型成形金型を用いて、リング本体を形成すべき鉄系粉末とテーパコーン部を形成すべき銅形成粉末を含む2層構造の粉体を加圧して2層構造圧粉体を形成し、この圧粉体を加熱焼結することによって2層構造同期リングを得る方法である。

【0052】工程(a)についてさらに詳しく説明すれば、まず銅系統結合金のテーパコーン部を形成するために、前述の硬質粒子分散型の複合銅合金粉末が型押成形された圧粉体にされる。この複合銅合金粉末の圧粉体は、管理された雰囲気の下において加熱焼結される。

【0053】このとき、複合銅合金の圧粉体は70%以上の真密度比を有することが望ましい。なぜならば、真密度比が70%未満であれば十分な圧粉体強度が得られないので、圧粉体を焼結するまでの搬送過程において圧粉体の欠けや割れを生じてハンドリング性の低下を招くからである。したがって、量産工程において複合銅合金粉末の圧粉体が十分なハンドリング性を有するためには真密度比が70%以上であることが望ましい。

【0054】複合銅合金粉末の圧粉体の加熱焼結条件としては、非酸化性雰囲気、還元性雰囲気、または不活性

ガス雰囲気において600℃以上でかつ銅合金の溶融開始温度以下の温度範囲で15分以上加熱焼結する必要がある。加熱温度が600℃未満の場合には、殆ど焼結現象が進行しない。他方、焼結温度が銅合金の溶融開始温度を超えれば、銅合金の液相が現れて焼結体が収縮し、焼結体の寸法精度が低下するという問題を生じる。

【0055】また、後述されるように、銅系統結体のテーパコーン部は鉄系統結体のリング本体内に圧入されるので、銅系統結体が十分な機械的特性を有していなければ圧入時にテーパコーン部に割れや欠けが発生する。したがって、銅系統結体が十分な機械的強度を有するためには、複合銅合金粉末の圧粉体は600℃以上でかつ銅合金の溶融開始温度以下の温度範囲で15分以上焼結される必要がある。すなわち、加熱時間が15分未満の場合には、得られる銅系統結体の強度が十分でなく、また、2層構造同期リングのテーパコーン部として使用した場合に相手鋼材との摩擦摺動時に摩耗損傷が生じる。

【0056】複合銅合金粉末の圧粉体を加熱焼結する雰囲気为非酸化性雰囲気、不活性ガス雰囲気、または還元ガス雰囲気のいずれの雰囲気でもない場合、酸化被膜が粉末表面に形成されて焼結現象が阻害され、銅系統結体の機械的特性が低下するという問題を生じる。なお、焼結を短時間で進行させる方法として、加圧した非酸化性雰囲気、還元性雰囲気、または不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気中において加熱焼結することが有効であることが本発明者たちによって見出されている。

【0057】ところで、銅系統結合金のテーパコーン部の機械的特性を向上させるためには、熱間塑性加工を施すことが好ましい。たとえば、得られた銅系統結体を再び上述のような管理された雰囲気中で600℃以上の温度でかつ銅合金の溶融開始温度以下の温度において5分以上加熱した後に、その銅系統結体を閉塞金型内で熱間鍛造するか、または直接法もしくは間接法によって熱間押出することによって、銅系統結合金の機械的特性を向上させ得る。このとき、銅系統結体を銅合金の溶融開始温度を超えて加熱すれば銅合金内で相変化を生じ、焼結銅合金の特性劣化を生じる可能性がある。また、熱間加工前の加熱温度が600℃未満の場合には、銅系統結体の変形抵抗が大きいため、熱間加工のために高圧力を付加する大型設備が必要となり、経済性の問題を生じる。他方、適切な温度条件の下では、熱間鍛造の場合には3t/cm²以上の鍛造面圧を用い、熱間押出の場合には6以上の押出比を用いることによって、銅系統結体の機械的特性を向上させることができる。

【0058】次に、上述のようにして得られた銅系統結合金のテーパコーン部を個別に作製された鉄系統結合金のリング本体内に圧入して拡散接合させる条件について説明する。この圧入の際の圧入代に関して特に制約はないが、圧入歪み(=圧入代÷リング本体の内周半径×

100%)が0.1%よりも小さい場合には、リング本体とテーパコーン部を拡散接合させるために長時間の加熱が必要となる。他方、圧入歪みが1%を超えても、拡散接合時間を15分より短くすることはできない。

【0059】圧入によって得られた2層構造体に含まれるリング本体とテーパコーン部との間の接触界面で金属学的な接合を生じさせる方法として、この2層構造体を非酸化性雰囲気、還元性雰囲気、または不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気中において700℃以上でかつ銅合金の溶融開始温度以下の温度において15分以上拡散接合することが有効である。このような拡散接合によって、鉄系焼結体のリング本体と銅系焼結体のテーパコーン部とが互いに強固に接合され得る。すなわち、加熱温度が700℃未満であるか、または加熱時間が15分未満であれば、鉄系焼結体のリング本体と銅系焼結体のテーパコーン部とが十分強固に接合されないで、同期リングとして使用するときテーパコーン部がリング本体から剥離して脱落するという問題が生じる。一方、加熱温度が銅系焼結合金の溶融開始温度を超えれば、銅合金の液相が現れて銅系焼結体が収縮し、テーパコーン部の寸法精度が低下するという問題が生じる。さらに、拡散接合の雰囲気が非酸化性雰囲気、還元性雰囲気、または不活性ガス雰囲気のいずれの雰囲気でもない場合には、リング本体とテーパコーン部との接触界面に酸化膜が形成されて拡散接合が阻害され、十分な接合強度が得られない。

【0060】次に、図2中の工程(b)による製造条件を説明する。この工程(b)においては、2層構造粉体の形成用に設計された金型が用いられる。そのような金型の一例は円筒状の空孔を有し、その空孔内を摺動する下パンチを含む。下パンチは分割された内周部分下パンチと外周部分下パンチとを含み、内周部分下パンチを下げて外周部分下パンチを上げた状態で円筒状空孔の内周部に前述の複合銅合金粉末を供給して第1層目の粉体が

形成される。次に、外周部下パンチを下げた状態で円筒状空孔の外周部に鉄系粉末を供給して第2層目の粉体を形成することによって2層構造の粉体が得られる。鉄系粉末としては、所定の鉄合金の粉末または鉄粉末と所定の合金元素粉末とが混合された混合粉末を用いてもよい。このようにして得られた2層構造の粉体に加圧することによって、2層構造の圧粉成形体を得られる。2層構造の圧粉成形体は管理された雰囲気の下で加熱焼結され、これによって2層構造同期リングが得られる。

【0061】焼結条件としては、非酸化性雰囲気、還元性雰囲気、または不活性ガス雰囲気のいずれかの雰囲気において、2層構造圧粉成形体を1050℃以上でかつ銅合金の溶融開始温度以下の温度範囲で15分以上加熱する必要がある。加熱温度が1050℃よりも低いかまたは焼結時間が15分未満であれば、鉄系圧粉体領域において焼結現象が十分に進行せず、前述のような同期リング本体が備えるべき機械的特性が得られない。他方、加熱温度が銅合金の溶融開始温度を超えれば、銅系焼結体中に液相が現れてその銅系焼結体が収縮し、テーパコーン部の寸法精度が低下するという問題を生じる。

【0062】2層構造圧粉体を加熱する雰囲気は、非酸化性雰囲気、還元性雰囲気、または不活性ガス雰囲気であれば、酸化被膜が粉末表面に形成されて焼結現象が阻害され、鉄系焼結体領域と銅系焼結体領域のいずれの領域においても機械的特性が低下し、リング本体とテーパコーン部との間を強固に接合することも困難となる。なお、この場合にも、焼結現象を短時間で進行させる方法として、加圧された非酸化性雰囲気、還元性雰囲気、または不活性ガス雰囲気における加熱を用いることが有効であることを本発明者たちが見出ししている。

【0063】

【実施例】

【0064】

【表1】

15

16

試料	素 地 組 成													硬 質 粒 子										備考
	Zn	Ni	Zn + Ni	Sn	Si	Al	Pb	固 体 潤 滑 剂					Cu	Mo	鉄系金属間化合物					Ni 基	計			
								A	B	C	D	E			計	F	G	H	I			J		
1	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	残	20	0	0	0	0	0	5	25		
2	15	0	15	10	0	0	0	2	0	0	0	0	2	残	0	20	0	0	0	0	0	20		
3	25	0	25	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	残	0	0	15	0	0	0	0	15		
4	33	0	33	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	残	0	0	0	15	0	0	10	25		
5	40	0	40	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	残	0	0	0	0	20	0	0	20		
6	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	残	0	20	0	0	0	0	0	20		
7	0	18	18	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	残	10	20	0	0	0	0	0	30		
8	0	30	30	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	残	0	0	0	0	0	15	20	35		
9	0	37	37	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	残	10	30	0	0	0	0	0	40		
10	5	28	33	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	残	10	0	35	0	0	0	0	45		
11	12	20	32	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	残	0	20	0	0	0	0	0	20		
12	18	18	36	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	残	0	20	0	0	0	0	10	30		
13	32	5	37	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	残	20	10	0	0	0	0	5	35		
14	18	18	36	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	残	0	20	0	10	0	0	0	30		
15	18	18	36	0	3	0	0	0	0	1	0	0	1	残	5	30	0	0	0	0	0	35		
16	18	18	36	0	4	0	0	2	0	0	0	0	2	残	20	10	0	0	0	0	10	40		
17	18	18	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	残	20	20	0	0	0	0	0	40		
18	18	18	36	9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	残	20	0	0	0	10	0	5	35		
19	18	18	36	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	残	0	0	0	10	0	10	10	30		
20	18	18	36	9	3	0	0	0	0	0	2	2	4	残	0	35	0	0	0	0	0	35		
21	18	18	36	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	残	20	10	0	0	0	0	0	30		
22	18	18	36	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	残	20	10	0	0	0	0	0	30		

【0065】

* * 【表2】

試料	素 地 組 成													硬 質 粒 子											備考
	Zn	Ni	Zn + Ni	Sn	Si	Al	Pb	固 体 潤 滑 剤					Cu	Mo	鉄系金屬間化合物					Ni	計				
								A	B	C	D	E			計	F	G	H	I			J	基		
23	2	1	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	殘	20	0	0	0	0	0	0	20			
24	30	20	50	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	殘	10	10	0	0	0	0	10	30			
25	18	18	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	殘	5	0	0	0	0	0	0	5			
26	18	18	36	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	殘	10	35	0	0	0	0	10	55			
27	18	18	36	9	0	0	0	0	0	0	0	2	2	殘	20	0	20	0	0	0	20	60			
28	18	18	36	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	殘	10	20	0	0	0	0	0	30			
29	18	18	36	9	8	0	0	0	0	0	2	0	2	殘	0	25	0	0	0	0	5	30			
30	18	18	36	9	0	10	0	0	0	0	0	0	0	殘	0	0	30	0	0	0	0	30			
31	18	18	36	9	0	0	7	0	0	0	0	0	0	殘	0	0	0	0	30	0	0	30			
32	18	18	36	10	0	0	0	7	0	0	0	0	7	殘	20	0	10	0	0	0	5	35			
33	18	18	36	9	0	0	0	0	7	0	0	0	7	殘	10	25	0	0	0	0	0	35			
34	18	18	36	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	殘	0	0	0	0	0	30	0	30	#1		
35	18	18	36	15	0	0	0	0	0	3	0	0	3	殘	0	0	0	30	0	0	0	30	#2		
36	18	18	36	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	殘	10	20	0	0	0	0	0	30	#3		

【0066】表1と表2は、それぞれ、本発明の実施例と比較例とによる銅系焼結体試料に用いられる硬質粒子分散型の複合銅合金粉末の組成を示している。これらの表において、Zn、Ni、Sn、Si、Al、Pb、固体潤滑材、およびCuに関する数値は、複合銅合金粉末素地中の重量%を表わしている。他方、硬質粒子に関する数値は複合銅合金粉末全体に対する重量%を表わしている。また、固体潤滑材を表わす符号A、B、C、D、およびEは、それぞれ黒鉛、MoS₂、CaF₂、BN、およびWS₂を表わしている。さらに、鉄系金属間化合物を表わす符号F、G、H、I、およびJは、それ※50

40※それぞれFeMo、FeCr、FeW、FeTi、およびFeBを表わしている。さらに、硬質粒子としてのNi基粒子は、重量%基準でNi-17%Cr-12%W-4%Si-3%B-2%Mo-0.1%Feの組成を有し、平均で975（最大で1060、最小で910）のマイクロビッカース硬度を有している。

【0067】表2の備考欄において印*1の付された試料34においては、機械的混合粉碎処理によって粒子分散型の複合銅合金粉末が得られているが、その処理条件を変更することによって硬質粒子の最大粒径が45μmにされている。

【0068】備考欄において印*2が付された試料35においては、機械的混合粉碎処理によって複合銅合金粉末が得られているが、その処理条件を変更することによって硬質粒子の平均粒径が30 μ mにされている。

【0069】備考欄において印*3が付された試料36*

*においては、機械的混合粉碎処理を用いることなく銅合金粉末と硬質粒子とが単純に混合された後に成形されて焼結されている。

【0070】

【表3】

試料	硬質粒子径 μ m		機 械 的 特 性		摩 擦 摺 動 特 性			損 傷 状 況	耐硫化腐食性
	最 大 粒 径	平 均 粒 径	引張強度 MPa	伸 び %	μ 値	摩 耗 量 mg			
						焼結材	相手材		
1	18	8	310	3.5	0.29	10	5	異常なし	異常なし
2	22	11	318	3.4	0.31	11	7	異常なし	異常なし
3	20	10	325	3.5	0.30	6	4	異常なし	異常なし
4	19	10	315	3.6	0.30	8	4	異常なし	異常なし
5	20	9	309	3.4	0.33	12	7	異常なし	異常なし
6	20	10	322	3.3	0.29	9	5	異常なし	異常なし
7	18	11	324	3.5	0.33	8	4	異常なし	異常なし
8	15	8	318	2.9	0.31	10	7	異常なし	異常なし
9	24	12	315	3.1	0.34	7	5	異常なし	異常なし
10	22	11	320	2.9	0.36	8	5	異常なし	異常なし
11	20	10	318	3.7	0.31	7	4	異常なし	異常なし
12	19	9	316	3.4	0.28	10	6	異常なし	異常なし
13	18	9	308	3.6	0.31	9	5	異常なし	異常なし
14	18	8	316	2.8	0.30	7	3	異常なし	異常なし
15	20	10	309	3.9	0.33	8	4	異常なし	異常なし
16	19	9	315	3.2	0.30	8	5	異常なし	異常なし
17	20	10	320	3.3	0.35	7	5	異常なし	異常なし
18	18	9	315	3.6	0.30	9	5	異常なし	異常なし
19	20	9	320	3.4	0.28	7	3	異常なし	異常なし
20	20	9	312	3.1	0.35	6	3	異常なし	異常なし
21	22	10	318	3.2	0.30	7	3	異常なし	異常なし
22	23	10	317	3.0	0.31	10	4	異常なし	異常なし

【0071】

※ ※【表4】

試料	硬質粒子径 μ m		機 械 的 特 性		摩 擦 摺 動 特 性			損 傷 状 況	耐硫化腐食性
	最 大 粒 径	平 均 粒 径	引張強度 MPa	伸 び %	μ 値	摩 耗 量 mg			
						焼 結 材	相 手 材		
23	22	10	295	4.5	0.26	8	4	異常なし	硫化腐食発生
24	24	11	180	0.4	0.32	6	3	異常なし	異常なし
25	20	9	365	4.8	0.81	3×10 ³	-3×10 ²	焼付き	異常なし
26	19	8	196	0.3	0.86	2×10 ³	-2×10 ²	焼付き	異常なし
27	19	9	188	0.4	0.82	2×10 ³	-2×10 ²	焼付き	異常なし
28	20	10	215	0.7	0.77	2×10 ³	-1×10 ²	焼付き	異常なし
29	20	10	233	0.8	0.33	23	12	異常なし	異常なし
30	21	11	178	0.5	0.37	16	10	異常なし	異常なし
31	22	11	202	0.5	0.24	15	6	異常なし	異常なし
32	20	10	174	0.2	0.27	35	9	異常なし	異常なし
33	20	9	186	0.3	0.28	31	8	異常なし	異常なし
34	45	11	240	1.7	0.28	46	16	異常なし	異常なし
35	40	30	234	1.9	0.30	55	12	異常なし	異常なし
36	79	61	213	1.0	0.81	3×10 ³	-3×10 ²	焼付き	異常なし

【0072】表3と表4は、表1と表2に示された組成を有し本発明による前述の製造工程条件に従って得られた銅系焼結体試料に関して、硬質粒子の最大粒径と平均粒径、機械的特性、摩擦摺動特性、および耐硫化腐食性を示している。ただし、表3と表4の焼結体試料は熱間塑性加工が施されていない。

★【0073】表3において、本発明の実施例による試料1～22は、いずれも300MPaを超える引張強度を有しかつほとんどが3%以上の伸びを示す良好な靱性を有していることがわかる。これに対して、表4中の比較試料23～36においては、ほとんどの試料が300MPa未満の引張強度を有するにすぎず、また、1%未満

の伸びしか示さないものが多い。すなわち、本発明の実施例による銅系焼結合金試料は、比較例による銅系焼結合金試料に比べて高い強度と高い靱性を有していることがわかる。

【0074】摩擦摺動特性は、図3に示されているようなリングオンディスク式摩擦試験機を用いて測定された。ギヤ油(Castrol-15W30)中において、銅系焼結体試験片1は鋼材SCM420(浸炭焼入鋼)の相手材2に対して摺動面Sを介して相対的に摺動させられる。試験片1は60mmの外径と45mmの内径と5mmの厚さを有するリング形状であって、図3において一部が切断されて示されている。相手材2は70mmの直径と5mmの厚さを有する円板であり、軸3によって矢印のように回転させられる。試験片1は固定されており、相手材2に対して80kgf/cm²の圧力Wが加えられている。摺動面Sにおける試験片1と相手材2の相対摺動速度は6m/秒であり、摩擦時間は1時間であった。表3と表4からわかるように、本発明の実施例による銅系焼結体試料1~22のほとんどが0.3ないし0.4の比較的高い安定した定常状態の摩擦係数 μ を示しているのに対して、比較例の焼結体試料23~36では定常状態における摩擦係数 μ の値がばらついている。特に、約0.7以上の μ 値は、焼付の結果としての μ 値を表わしている。

【0075】また、焼結体試験片1と相手材2の摩耗量に関しては、実施例による試料はいずれも安定して小さな摩耗量を示しているのに対して、比較例による試料では極めて大きな摩耗量や付着量を示しているものがある。なお、表4中の摩耗量において、マイナス符号の付されている数字の絶対値は付着による重量増加を表わしており、焼付が生じていることを意味する。

【0076】耐硫化腐食性に関しては、140℃に保持されたオイルCastrol-15W30中に銅系焼結体試料が24時間浸漬された後に、試料の腐食状況が光学顕微鏡によって調べられた。表3と表4からわかるように、実施例の試料ではいずれも腐食に関して異常が認められていないが、比較試料23においては硫化腐食が発生している。

【0077】ここで、比較例の各銅系焼結体試料23~37における具体的な欠点を述べれば以下のである。

【0078】試料23においては、銅合金素地におけるZnとNiの合計含有量が5重量%に達していないので、オイル中における焼結体試料の曝露試験で硫化腐食が生じている。

【0079】試料24においては、銅合金素地における

ZnとNiの合計含有量が40重量%を超えているので、焼結体の強度および靱性(伸び)が低下している。

【0080】試料25においては、焼結体における硬質粒子の含有量が10重量%に達していないので、初期の μ 値が低くて、最終的に相手材と焼付を生じている。

【0081】試料26においては、焼結体が50重量%を超える55重量%の硬質粒子を含んでいるので、焼結体の強度と靱性が低下している。

【0082】試料27においては、焼結体中の硬質粒子の含有量がさらに60重量%に増大しているため、焼結体の強度がさらに低下している。

【0083】試料28においては、焼結体素地におけるSnの含有量が20重量%を超えているので、素地が著しく硬化して相手材を攻撃し、焼付きを生じている。

【0084】試料29においては、焼結体素地におけるSiの含有量が5重量%を超えているので、焼結体の強度と靱性が低下している。

【0085】試料30においては、焼結体素地中のAlの含有量が5重量%を超えているので、銅合金が脆化して焼結体の強度と靱性が低下している。

【0086】試料31においては、焼結体中のPbの含有量が3重量%を超えているので、焼結体の内部でPbが偏析し、その結果として焼結体の強度が低下している。

【0087】試料32においては、焼結体における黒鉛の固体潤滑材の含有量が5重量%を超えているので、焼結体の強度と靱性が低下している。

【0088】試料33においては、焼結体におけるMoS₂の固体潤滑材の含有量が5重量%を超えているので、焼結体の強度と靱性が低下している。

【0089】試料34においては、硬質粒子の最大粒径が30 μ mを超えているので、焼結体の強度と靱性が低下している。

【0090】試料35においては、硬質粒子の平均粒径が15 μ mを超えているので、焼結体の強度と靱性が低下している。

【0091】試料36においては、機械的な粉碎混合処理が行なわれずに単に所定の組成の合金粉末と硬質粒子が混合された後に焼結されているので、焼結材の強度と靱性が低下し、また硬質粒子と素地との間の反応層が形成されずかつ粗大な硬質粒子が存在するために、摺動時に硬質粒子が素地から脱落して相手材と焼付を生じている。

【0092】

【表5】

21

22

試料	Ni 基 粒 子 の 組 成 (重量%)										マイクロビッカース硬度		
	Cr	W	Si	Mo	B	Fe	Mn	Cu	C	Ni	平均値	最小値	最大値
41	17.8	12.1	3.8	1.9	3.2	0.1	0.1	—	0.8	残	945	895	986
42	16.6	—	4.5	1.9	3.5	2.8	0.2	2.0	0.8	残	850	760	892
43	10.5	8.5	2.2	1.0	—	1.5	—	—	0.5	残	720	682	763
44	10.5	5.5	3.5	—	3.0	1.0	0.3	1.5	0.6	残	572	502	603
45	2.0	1.0	2.0	—	—	—	0.1	—	0.2	残	284	260	306
46	—	3.5	3.2	—	—	0.5	—	—	—	残	315	278	334
47	1.8	—	—	—	2.5	—	—	0.2	—	残	275	254	296
48	—	—	3.2	1.0	—	—	0.2	—	—	残	288	263	311

【0093】

* * 【表6】

試料	硬質粒子 μm		摩擦摺動特性			損傷状況
	最大 粒徑	平均 粒徑	μ 値	摩 耗 量 mg		
				焼結材	相手材	
41	20	10	0.28	10	5	異常なし
42	21	12	0.27	11	7	異常なし
43	23	11	0.25	13	6	異常なし
44	22	11	0.24	15	8	異常なし
45	18	10	0.29	305	12	焼結材が顕著に摩耗
46	20	9	0.30	278	10	焼結材が顕著に摩耗
47	17	8	0.32	465	18	焼結材が顕著に摩耗
48	19	10	0.34	332	13	焼結材が顕著に摩耗

【0094】表5は、銅系焼結体試料に含まれるNi基硬質粒子の組成とマイクロビッカース硬度との関係を示している。表6は、表5に示されたNi基硬質粒子の最大粒径と平均粒径およびそのような硬質粒子を含む銅系焼結体試料の摩擦摺動特性を示している。

【0095】表5と表6において、試料41～48に用いられた複合銅合金粉末は、重量基準でCu-25%Zn-8%Niの組成を有する銅合金粉末に25重量%のNi基硬質粒子と2重量%のMoS₂固体潤滑剤を添加して、機械的合金化法によって調製された。そのような複合銅合金粉末を用いて本発明による製造工程条件に従って得られた銅系焼結体試料が表3および表4の場合と同様に摩擦試験された。

【0096】表5および表6から明らかなように、400を越える平均マイクロビッカース硬度を有するNi基粒子を含む銅系焼結体試料41～44は優れた耐摩耗性を有しているのに対して、400未満の平均硬度を有するNi基粒子を含む試料45～48においては耐摩耗性が著しく劣っていることがわかる。

【0097】

【表7】

23

24

試料	リング摩擦面の焼付	摩擦係数 μ	
		初期 (300回)	安定期
1A	無	0.26	0.24
2A	無	0.29	0.25
3A	無	0.29	0.24
4A	無	0.28	0.24
5A	無	0.31	0.24
6A	無	0.27	0.25
7A	無	0.31	0.28
8A	無	0.30	0.24
9A	無	0.32	0.29
10A	無	0.34	0.30
11A	無	0.29	0.25
12A	無	0.26	0.23
13A	無	0.30	0.27
14A	無	0.28	0.28
15A	無	0.30	0.28
16A	無	0.28	0.27
17A	無	0.32	0.30
18A	無	0.28	0.27
19A	無	0.26	0.24
20A	無	0.32	0.28
21A	無	0.28	0.28
22A	無	0.28	0.27
23A	無	0.24	腐食発生
24A	無	0.30	(割れ)
25A	焼付き発生	(焼付)	(焼付)
26A	焼付き発生	(焼付)	(焼付)
27A	焼付き発生	(焼付)	(焼付)
28A	焼付き発生	(焼付)	(焼付)
29A	無	0.29	(割れ)
30A	無	0.34	(割れ)
31A	無	0.22	(割れ)
32A	無	0.25	(割れ)
33A	無	0.25	(割れ)
34A	無	0.26	摩耗発生
35A	無	0.27	摩耗発生
36A	焼付き発生	(焼付)	(焼付)

【0098】表7は、表1ないし表4に示された銅系統結体試料を用いて作製されたテーパコーン部を含む2層構造同期リングの摩擦摺動特性として、リング内面の焼付きの有無およびテーパコーン摩擦面における初期(300回まで)と安定期の摩擦係数 μ を示している。すなわち、表7中の同期リング試料1A～36Aのそれぞれのテーパコーン部は、表1ないし表4中の銅系統結体試料1～36を用いて作製されている。

*

試料	鉄合金組成(重量%)			0.2%耐力 MPa	硬 度 HRB	真密度比 %	同期リングの外周 歯部の摩耗損傷状況
	Cu	C	Fe				
51	1.5	0.9	残	445	87	94	摩耗損傷無く良好
52	1.8	0.8	残	470	90	94	摩耗損傷無く良好
53	2.0	0.7	残	496	92	93	摩耗損傷無く良好
54	1.5	0.9	残	402	77	93	歯部に摩耗損傷発生
55	1.0	0.7	残	367	87	94	歯部に摩耗損傷発生
56	1.5	0	残	354	84	93	歯部に摩耗損傷発生

【0104】表8は、2層構造同期リングのリング本体に用いられる鉄系統結体の組成および真密度比に依存する※50 いる。表8中の同期リング試料51～56は、表1およ

*【0099】図4は、表7中の同期リングの各々の断面構造を示している。図4に示されているような2層構造同期リングは、スプライン嵌合歯部12を有する鉄系統結体のリング本体11の内周面内へ摺動摩擦面14を有する銅系統結体のテーパコーン部13を0.3%の圧入歪みを生じるように圧入して、水素ガス雰囲気中において880℃で30分間拡散接合することによって得られた。なお、リング本体の鉄系統結合金は、重量基準でFe-2.0%Cu-0.8%Cの組成、95%の真密度比、450MPaの0.2%引張耐力、および86のロックウェルB硬度を有していた。

【0100】表7中の同期リング試料の各々は、シンクロリング単体試験機によって試験された。このときの試験条件は次のとおりである。

【0101】相手テーパコーンの材質：SCM420(浸炭焼入鋼)

テーパコーンの回転数：3500rpm

押付荷重：60kgf/cm²

使用オイル：Castrol -15W30(油温80℃)

20 テーパコーンの作動：1サイクルに0.8秒間の押付と1.5秒間の引離しサイクル数：10000サイクル
表7からわかるように、本発明の実施例による同期リング試料1A～22Aにおいては、リング内周面の焼付きやリング割れを生じず、0.2ないし0.4の比較的大きな初期の摩擦係数 μ を有するのみならず、安定期においてもそれらの好ましい範囲内の μ 値を維持している。

【0102】他方、比較試料23A～36Aにおいては、テーパコーン部の銅系統結体の組成が適切ではなかったため、テーパコーンの摩擦面における焼付きの発生、同期リングの割れの発生、テーパコーン部の腐食の発生、またはテーパコーン部の著しい摩耗の発生という問題を生じた。なお、同期リングに割れが生じた場合には、試験機が停止して摩擦係数の測定が不可能であった。また、テーパコーン部の摩擦面に焼付きを生じた場合には、摩擦係数が0.7を越える異常値を示した。

【0103】

【表8】

び表2に示された試料10に対応する銅系焼結体のテーパコーン部を含んでいる。すなわち、表8に示されている機械的特性を有する鉄系焼結合金のリング本体の内周面内へ銅系焼結合金のテーパコーン部を0.2%の圧入歪みを生じるように圧入し、水素ガス雰囲気中において920℃で20分間の拡散接合を行なうことによって、図4に示されているような2層構造同期リングが作製された。

【0105】表8中の同期リングは、シンクロリング実験耐久試験機を用いて、手動変速を想定してスリーブの10 スプライン部と同期リングの外周歯部とを潤滑油中で10000回嵌合させることによって、リングの外周歯部の摩耗損傷状況が調べられた。表8に示されているように、リング本体の鉄系焼結体が400MPa以上の0. *

* 2%引張耐力と80以上のロックウェルB硬度(HRB)の十分な機械的特性を有する試料51~53においては、同期リングの外周歯部に摩耗損傷を生じることはなかった。他方、試料54~56においては、鉄系焼結体の0.2%耐力が400MPa未満、またはそのロックウェル硬度が80未満であったので、同期リングの外周歯部はスリーブとの繰返しの嵌合によって摩耗損傷を生じた。

【0106】すなわち、2層構造同期リングのリング本体に用いられる鉄系焼結合金は、400MPa以上の0.2%引張耐力と80以上のロックウェルB硬度を有することが望まれる。

【0107】

【表9】

試料	圧粉体成形条件		焼結条件			焼結体の特性		備 考
	成形面圧 t/cm ²	真密度比 %	温度 ℃	時間 分	雰囲気	引張強度 MPa	破断伸び %	
61	7	74	760	45	水素	306	3.0	欠け・割れなく良好な焼結体を得た
62	7	75	840	30	水素	325	3.2	
63	8	79	950	15	窒素	385	4.9	
64	3	61	—	—	—	—	—	搬送過程で欠け、焼結体が得られず
65	7	75	550	60	水素	135	0	
66	7	74	950	5	水素	182	0.3	
67	8	79	840	30	大気中	218	0.6	
68	7	75	1100	15	水素	412	5.8	

【0108】表9は、図2の工程(a)における製造条件がテーパコーン部用銅系焼結体の機械的特性に及ぼす影響を示している。表9中の銅系焼結体試料61~68においては、表1中の試料8の組成に対応する複合銅合金粉末が用いられ、この粉末の銅合金素地は1065℃の熔融開始温度を有している。複合銅合金粉末は所定の面圧でもって所定の真密度比を有する圧粉体に成形され、その圧粉体は所定の雰囲気中において所定の温度と時間で焼結された。

【0109】表9からわかるように、本発明によって適切な圧粉体成形条件および適切な加熱焼結条件によって作製された試料61~63に関しては、圧粉体に欠けや割れを生じることがなく、300MPaを越える引張強度と3.0%以上の破断伸びを示す良好な機械的特性と良好な寸法精度を有する銅系焼結体を得られた。

【0110】他方、比較試料64~68においては、いくつかの製造条件のうちの少なくとも1つが適切ではなかったため、具体的に次のような問題を生じた。

【0111】まず、試料64においては、圧粉成形体の真密度比が70%より小さな61%であったので、圧粉※

※体の焼結のための搬送過程において圧粉体に割れや欠けが発生し、焼結体を得ることができなかった。

【0112】試料65においては、焼結温度が600℃より低い550℃であったので、焼結現象が十分に進行しない結果として、テーパコーン部として用い得るような十分な機械的特性が得られなかった。

【0113】試料66においては、焼結時間が15分未満の5分であったので、焼結現象が十分に進行しない結果として、テーパコーン部として用い得るような十分な機械的特性が得られなかった。

【0114】試料67においては、焼結が大気中で行なわれたために焼結現象が阻害され、テーパコーン部として用い得るような十分な機械的特性が得られなかった。

【0115】試料68においては、複合銅合金粉末の銅合金素地の熔融開始温度である1065℃を越える1100℃において焼結が行なわれたため、焼結中に液相が発生し、焼結体の寸法精度が著しく劣化した。

【0116】

【表10】

27

28

試料	拡散接合条件			1万回実機耐久試験状況
	温度 ℃	時間 分	雰囲気	
71	770	30	水素	1万回でテーパコーン部の脱落無し
72	920	30	水素	1万回でテーパコーン部の脱落無し
73	1000	15	水素	1万回でテーパコーン部の脱落無し
74	630	60	水素	15回でテーパコーン部が脱落
75	1000	5	水素	180回でテーパコーン部が脱落
76	1110	5	水素	銅焼結体に液相が発生し、寸法精度が劣化
77	920	30	大気中	36回でテーパコーン部が脱落

【0117】表10は、鉄系焼結体のリング本体と銅系焼結体のテーパコーン部との間の拡散接合の際の温度、時間、および雰囲気が2層構造同期リングの性能に及ぼす影響を示している。表10中の同期リング試料71～77の各々において、表1および表3中の試料8に対応する銅系焼結体のテーパコーン部が用いられた。この銅系焼結合金は、1075℃の溶融開始温度を有している。また、リング本体の鉄系焼結合金は、表7の場合と同様に、重量基準Fe-2.0%Cu-0.8%Cの組成、95%の真密度比、450MPaの0.2%引張耐力、および86のロックウェルB硬度を有していた。

【0118】試料71～77の各々は、表8の場合と同様に、シンクロリング実機耐久試験機を用いて、手動変速を想定してスリーブのスプライン部と同期リングの外周歯部を潤滑油中で10000回嵌合させて、リング本体とテーパコーン部との接合性が評価された。

【0119】表10からわかるように、本発明に従って適切な拡散接合条件の下に作製された2層構造同期リング試料71～73においては、鉄系焼結体のリング本体と銅系焼結体のテーパコーン部が強固に結合しており、実機耐久試験においてリング本体からテーパコーン部が剥離したり脱落することなく10000回の嵌合試験をクリアした。他方、比較試料74～77の各々においては、拡散接合の複数の条件のうちの少なくとも1つが不適切であったので、次のような具体的な問題を生じた。

【0120】まず試料74においては、拡散接合の温度が700℃未満の630℃であったので、15回の嵌合の繰返し後にテーパコーン部がリング本体から脱落した。

【0121】試料75においては、拡散接合時間が15分未満の5分であったので、180回の嵌合の繰返しの後にテーパコーン部が脱落した。

【0122】試料76においては、拡散接合温度が銅系焼結合金の溶融開始温度を越える温度であったので、銅系焼結合金中に液相が発生してテーパコーン部の寸法精度が劣化した。

【0123】試料77においては、拡散接合が大気中で行なわれたので、その接合が不十分となって、36回の嵌合の繰返しの後にテーパコーン部が脱落した。

【0124】
【表11】

試料	焼結条件			鉄系焼結体の特性		1万回実機耐久試験状況
	温度 ℃	時間 分	雰囲気	0.2%耐力 MPa	硬さ HRB	
81	1050	40	水素	430	89	テーパコーン部の脱落及び歯部の摩耗無し
82	1075	20	水素	465	92	テーパコーン部の脱落及び歯部の摩耗無し
83	950	45	水素	315	78	鉄系焼結体の特性が不十分であるため、リング歯部が摩耗した
84	1150	15	水素	490	96	銅系焼結体に液相が発生し、テーパコーン部の寸法精度が劣化
85	1050	5	水素	335	81	鉄系焼結体の特性が不十分であるため、リング歯部が摩耗した
86	1075	30	大気中	385	85	焼結体の特性が不十分で、かつ2層間を強固に接合できず

【0125】表11は、図2の工程(b)に従って図4に示されているような2層構造同期リングを焼結する際の温度、時間、および雰囲気が同期リングの機械的特性や性能に及ぼす影響を示している。表11中の同期リング試料81～86の各々において、表1中の試料15に対応する組成と1095℃の溶融開始温度を有する複合銅合金粉末と重量基準でFe-1.8%Cu-0.9%※50

※Cの組成を有する鉄合金粉末が用いられた。

【0126】2層構造同期リング試料81～86の各々は、表10の場合と同様に、シンクロリング実機耐久試験機を用いて10000回の嵌合試験が行なわれ、リング外周部の嵌合歯部の摩擦損傷状況およびリング本体とテーパコーン部との接合性が評価された。表11からわかるように、本発明に従って好ましい焼結条件の下に

作製された同期リング試料81と82においては、良好な機械的特性と寸法精度が得られ、耐久試験においてもテーパコーン部の脱落やリング本体の外周部の歯部の摩耗が生じないことが確認された。

【0127】他方、比較試料83～86においては、焼結条件の温度、時間、または雰囲気はいずれかが不適切であったので、次のような具体的な問題が生じた。

【0128】まず試料83においては、焼結温度が1050℃未満の950℃であったので鉄系圧粉体において焼結現象が十分に進行しない結果として、リング本体の十分な機械的特性が得られなかった。したがって、耐久試験において同期リングの外周歯部に摩耗が生じた。

【0129】試料84においては、焼結温度が複合銅合金粉末の溶融開始温度を越える1150℃であったので、銅合金焼結体中に液相が発生し、テーパコーン部の寸法精度が著しく劣化した。

【0130】試料85においては、焼結時間が15分未満の5分であったので、鉄系圧粉体において焼結現象が十分に進行しない結果として、リング本体の機械的特性が不十分であって外周歯部に摩耗が生じた。

【0131】試料86においては、焼結が大気中で行なわれたので、銅系圧粉体および鉄系圧粉体の両方において焼結現象が阻害されるとともに、両圧粉体間の接合界面における拡散接合も阻害された。

【0132】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、硫黄を

含有する潤滑油中で硫化腐食を生じることなく、同期時に0.2を超える比較的高い安定した摩擦係数を維持でき、しかも優れた機械的特性を有する変速機用の2層構造同期リングを優れた経済性の下で提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)は本発明に従って機械的混合粉碎処理を利用した銅系焼結体の模式的な組織図であり、(B)は従来の単純な粉末混合処理を利用した銅系焼結体の模式的な組織図である。

【図2】本発明による2層構造同期リングを得るための2通りの製造方法を示す工程図である。

【図3】銅系焼結体の摩擦摺動特性試験を説明するための図である。

【図4】2層構造同期リングの一例を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 焼結体試料
- 2 相手材
- 3 軸

S 摺動面

W 圧力荷重

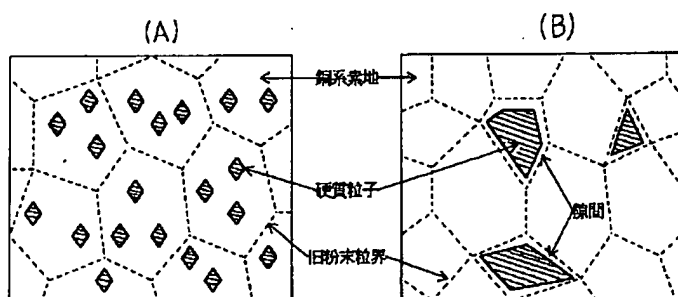
11 鉄系焼結体のリング本体

12 スプライン嵌合歯部

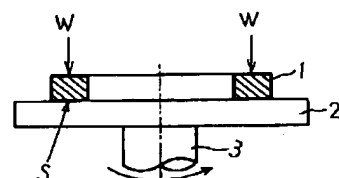
13 銅系焼結体のテーパコーン部

14 摺動摩擦面

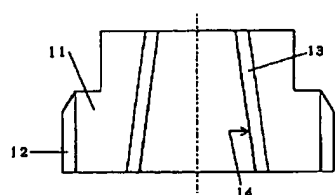
【図1】



【図3】



【図4】



【図2】

